

FRG

German Patent Office
Patent Disclosure Document

DE 198 04 928 A1

Int. Cl.⁶: G 06 T 5/20 G 06 K 9/20 H 04 N 1/413

File No.: 198 04 928.5

Filing date: 2/7/98

Date laid open to public inspection: 9/3/98

Union priority: 810171 2/28/97 US

Applicant: Eastman Kodak Co., Rochester N.Y. US

Representative: Lewandowsky, K., Pat.-Ass. 73342 Bad Ditzenbach

Inventor: Rudak, Peter, Hilton, N.Y. US; Savakis, Andreas E.,
Rochester N.Y., US

The following information was taken from the documents filed by
the applicant

Data preprocessing means for compression of images with multiple
bits per pixel

This invention relates to a process for compression of an
image which has N bits per pixel, N being greater than 1. The
image to be compressed is divided into N 1-bit planes. The bit
plane (40) with the highest-order bit (MSB) remains unchanged and
the bit planes (42) with the bits (LSB) which are gradually of a
lower-order are each combined with the high-order bit plane by
means of the exclusive OR (XOR) operation (46). The resulting
bit planes are compressed independently of one another using a
JBIG algorithm (48). In the compression the same steps take
place in the reverse sequence. Each bit plane is decompressed
using a JBIG algorithm, the LSB bit planes (42) are extracted by
means of the XOR operation (46) and the MSB and LSB bit planes
are combined.

Key: 33 - subdivision of the 2-bit image into 2 bit planes; 48 -
JBIG compression; 49 - store on disk



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 198 04 928 A 1

51 Int. Cl.⁶:
G 06 T 5/20
G 06 K 9/20
H 04 N 1/413

21 Aktenzeichen: 198 04 928.5
22 Anmeldetag: 7. 2. 98
43 Offenlegungstag: 3. 9. 98

2

DE 198 04 928 A 1

30 Unionspriorität:
810171 28. 02. 97 US

71 Anmelder:
Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

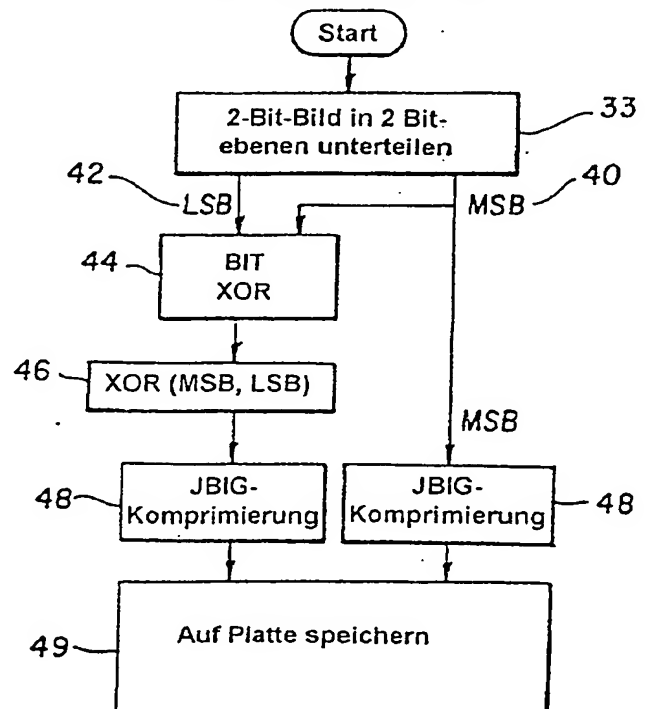
74 Vertreter:
Lewandowsky, K., Pat.-Ass., 73342 Bad Ditzgenbach

72 Erfinder:
Rudak, Peter, Hilton, N.Y., US; Savakis, Andreas E.,
Rochester, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Daten-Vorverarbeitungseinrichtung zum Komprimieren von Bildern mit Mehrfachbits pro Pixel

57 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes, wobei $N > 1$. Das zu komprimierende Bild wird in N 1-Bit Ebenen unterteilt. Die Bitebene (40) mit dem höchstwertigen Bit (MSB) bleibt unverändert und die Bitebenen (42) mit den stufenweise niederwertigeren Bits (LSB) werden jeweils mittels der Exklusiv-ODER (XOR) Operation (46) mit der höherwertigen Bitebene verknüpft. Die sich daraus ergebenden Bitebenen werden unter Verwendung eines JBIG Algorithmus unabhängig voneinander komprimiert (48). Bei der Dekomprimierung finden die gleichen Schritte in umgekehrter Reihenfolge statt. Jede Bitebene wird unter Verwendung eines JBIG Algorithmus dekomprimiert, die LSB Bitebenen (42) werden mittels der XOR Operation (46) extrahiert und die MSB und LSB Bitebenen zusammengefügt.



DE 198 04 928 A 1

Die Beschreibung im Anhang zu dieser Patentanmeldung enthält urheberrechtlich geschützte Materialien. Der Inhaber des Urheberrechts willigt in die Vervielfältigung der Patentdokumente oder der Patentbeschreibung ein, wie diese in der US-Patentrolle des US-Patentamtes veröffentlicht sind, behält sich jedoch alle übrigen Rechte vor.

Die vorliegende Erfindung betrifft den Bereich der digitalen Bildverarbeitung und insbesondere die Bildkomprimierung, bei der die Anzahl der zur Bilddarstellung notwendigen Bits verringert wird, ohne Bildinformationen zu verlieren.

Vorlagenbilder, die mit acht Bit pro Pixel abgetastet werden, benötigen große Speicherkapazitäten und eine aufwendige Verarbeitungs-Hardware. Abgetastete Vorlagen können mit 1 Bit pro Pixel quantisiert werden, wodurch sich die Anforderungen an Hardware und Speicherkapazität reduzieren, was aber auch eine Verschlechterung der Bildqualität nach sich zieht, insbesondere, wenn diese Bilder auf Geräten angezeigt werden, die 4-8 Bit pro Pixel unterstützen.

Ein bekanntes Verfahren zur Quantisierung von Vorlagenbildern in einer einzelnen Bit-Domäne besteht in der Verwendung der 1-Bit-adaptiven Schwellenwerttechnik, wie in US-A 5,583,659 beschrieben. Dieser Ansatz begrenzt die Anzeige auf 1 Bit. Das Verfahren nach dem Stand der Technik zur Quantisierung von Vorlagenbildern in einer Mehrfachbit-Domäne verwendet für jeden Grauwert feste Schwellenwerte. Dieser Ansatz führt zu einer schlechten Bildqualität, wenn eine kleine Anzahl von Bits pro Pixel benutzt wird, um die Anforderungen an Speicherkapazität und Verarbeitungs-Hardware zu senken.

Ein weiterer Prozeß zur Quantisierung von Grauskalensbildern wird in der Patentanmeldung mit der Seriennummer 081763,268 beschrieben. Die Anmeldung beschreibt ein Verfahren zur Umwandlung von 8-Bit-Graustufenbildern in 2-Bit-Graustufenbilder. Es besteht allerdings weiterhin die Notwendigkeit, das 2 Bits pro Pixel aufweisende Graustufenbild effizient und ohne Informationsverlust zu speichern.

Es ist wünschenswert, Bilder anhand von allgemein verfügbaren und leicht zu implementierenden Standardverfahren zu komprimieren. Zu den Standardverfahren der verlustfreien Komprimierung binärer Bilder zählt die JBIG-Komprimierung (Joint Bi-level Image Experts Group) der Gruppe 4 (G4) sowie der Gruppe 3 (G3). In den meisten Fällen ist JBIG G3-Komprimierung der G4-Komprimierung überlegen. Für die verlustfreie Komprimierung von mehr als 1 Bit pro Pixel aufweisenden Bildern werden nach diesem Verfahren die Bit-Ebenen unterteilt, worauf jede Ebene einzeln komprimiert wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Komprimieren von Bildern mit zwei oder mehr Bits pro Pixel bereitzustellen.

Die Erfindung dient zur Lösung eines oder mehrerer der zuvor genannten Probleme. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird das zu komprimierende N Bits aufweisende Bild in N 1-Bit-Ebenen unterteilt. Die Bitebene mit dem höchstwertigen Bit (MSB) bleibt unverändert, und die Bitebenen mit den stufenweise niederwertigeren Bits (LSB) werden jeweils mittels der Exklusiv-ODER (XOR) Operation mit der höherwertigen Bitebene verknüpft, um N-1 resultierende Bitebenen zu erzeugen. Die MSB-Bitebene und jede der N-1 resultierenden Bitebenen werden unter Verwendung eines Algorithmus unabhängig voneinander komprimiert. In einer Ausführungsform der Erfindung wird jede der komprimierten Bitebenen dekomprimiert, und zwar mit gleichen Schritten in umgekehrter Reihenfolge. Die komprimierten LSB-Bitebenen werden mittels der XOR-Operation extrahiert. Die N 1-Bit-Ebenen werden dann zusammengefügt, um das Originalbild wiederherzustellen.

Durch Vorverarbeiten eines digitalen Bildes vor dem Komprimieren wird eine verbesserte Komprimierung ohne Datenverlust ermöglicht. Dadurch erzielt das erfindungsgemäße Verfahren folgende Vorteile:

Verbesserte Komprimierung digitaler Bilder. Sofortiges Verarbeiten von Bit-Ebenen, wodurch der Speicherbedarf sinkt. Verwendung eines gängigen Komprimierungsverfahrens.

Gleiche Schritte zum Komprimieren und Dekomprimieren, wodurch für beide Operationen die gleiche Hardware und Software verwendbar ist.

Die MSB-Bitebene ist nicht durch die Verarbeitung betroffen, wodurch es möglich ist, die Bilder ohne Verwendung der LSB-Informationen anzuzeigen und zu drucken.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Vorlagenabbildungssystems zum Komprimieren von Bildern mit mehreren Bits pro Pixel;

Fig. 2 eine schematische Darstellung der bevorzugten Dateistruktur eines aus 2 Bits pro Pixel bestehenden Vorlagenbildes;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm zur Darstellung des Verfahrens zum Komprimieren eines aus 2 Bits pro Pixel bestehenden Bildes; und

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm zur Darstellung des Verfahrens zum Dekomprimieren eines aus 2 Bits pro Pixel bestehenden Bildes.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reduzieren der Anzahl von Bits, die erforderlich sind, um eine aus N Bits pro Pixel bestehende Vorlage darzustellen, wobei $N > 1$ ist. Zur besseren Übersicht wird in der folgenden Beschreibung $N = 2$ gesetzt, obwohl die Erfindung selbstverständlich auf jedes Bild mit einer größeren Bit-Tiefe anwendbar ist.

Bezug nehmend auf Fig. 1 wird ein Vorlagenabbildungssystem gezeigt, das das erfindungsgemäße Verfahren zur Verbesserung von digitalen Bildern darstellt. Das mit der Bezugsziffer 10 bezeichnete System umfaßt einen Abtaster 12 zum Abtasten von Vorlagen 14 zum Erzeugen eines 2-Bit-Graustufenbildes. Die abgetasteten Bilder werden auf den Bildschirmen 20 oder 28 dargestellt, auf dem Bindrucker 30 ausgedruckt oder im Archivspeicher 32 gespeichert. Eine Kombination der genannten Möglichkeiten wird ebenfalls unterstützt.

Vorlage 14 besteht aus 2 Bits pro Pixel. Der Abtaster 12 umfaßt einen adaptiv quantisierenden Prozessor 16 zur Umwandlung des 8-Bit-Graustufenbildes in ein Bild mit N Bit ($N = 2$). Der Abtaster 12 ist an einen Personal Computer (PC) 18 angeschlossen, der für den Abtaster 12 als Host-System dient. Der PC 18 umfaßt eine Anzeige, etwa einen Kathoden-

strahlbildschirm (CRT) 20 sowie eine Eingabevorrichtung, etwa eine Tastatur 22. (Der adaptive Quantisierungsprozessor 16 kann sich im PC 18 befinden.) Der PC 18 ist an ein Netz 24 angeschlossen, das einen Netzserver 26 umfaßt. Das Netz 24 erschließt den Zugang zu einem Anzeigebildschirm 28, zu einem Binärdruker 30, z. B. einem Laser- oder Tintenstrahldrucker, und zu einem Archivspeicher 32, z. B. einer CD-Schreibvorrichtung.

Bezug nehmend auf Fig. 2 wird das 2-Bit-Bild an Schritt 33 unterteilt und als zwei 1-Bit-Bilddateien 40 und 42 gespeichert, die die höherwertigen Bits (MSB) bzw. die niederwertigen Bits (LSB) des Bildes darstellen. Das Unterteilen der Bilder in Bitebenen ist nach dem Stand der Technik bekannt. In diesem Format kann die MSB-Bitebene abgerufen und unabhängig von der LSB-Bitebene angezeigt werden.

Bezug nehmend auf Fig. 3 werden die MSB-Bitebene 40 und die LSB-Bitebene 42 in Schritt 33 voneinander geteilt. Die MSB-Bitebene 40 bleibt unverändert, die LSB-Bitebene 42 wird mit der MSB-Bitebene unter Verwendung der Exklusiv-ODER-Operation (XOR) 44 verknüpft, woraus die Bitebene 46 resultiert, wie in der nachfolgenden Tabelle gezeigt.

Die resultierende Bitebene 46 kann unter Verwendung eines Komprimierungsalgorithmus effizienter komprimiert werden als die ursprüngliche LSB-Bitebene 42 für sich alleine. Daß die kombinierte Bitebene leichter komprimierbar als die einzelne LSB-Bitebene ist, liegt daran, daß die kombinierte Bitebene längere Folgen redundanter Daten beinhaltet. Wie nach dem Stand der Technik bekannt ist, können lange Folgen redundanter Daten mit einem Code abgespeichert werden, der das erste Bit in der Folge bezeichnet und die Anzahl identischer, aufeinanderfolgender Bits angibt. Dadurch verringert sich der Speicherbedarf für die Folge redundanter Bits, verglichen damit, wenn jedes einzelne Bit unabhängig abgespeichert wird. In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kommt zur Komprimierung der JBIG-Algorithmus zum Einsatz.

Der Prozeß wird in den nachfolgenden Schritten dargestellt. Spalte F0 ist das aus 1 Bit pro Pixel bestehende Bild, das die MSB-Bitebene 40 darstellt, Spalte F1 ist das 1 Bit pro Pixel bestehende Bild, das die LSB-Bitebene 42 darstellt. Die durch Kombination von F1 und F0 ($F2 = \text{XOR}(F1, F0)$) gebildete, resultierende Bitebene 46 wird in Spalte F2 ausgewiesen.

MSB-Bitebene 40, F0	LSB-Bitebene 42, F1	Resultierende Bitebene 46, F2
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Die Bitebenen F0 und F2 werden unabhängig voneinander unter Verwendung des JBIG-Algorithmus 48 komprimiert und auf Platte 49 gespeichert.

Zur Dekomprimierung des 2-Bit-Bildes, werden, wie in Fig. 4 gezeigt, die beiden Bitebenen unabhängig voneinander in Schritt 50 unter Verwendung des JBIG-Algorithmus dekomprimiert. Die MSB-Bitebene 40 wird sofort wiederhergestellt, die LSB-Bitebene 42 wird unter Verwendung der XOR-Operation $F0 = \text{XOR}(F1, F2)$ in Schritt 44 wiederhergestellt.

Obwohl die Erfindung unter Bezug auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben wurde, ist die Erfindung natürlich nicht auf diese Ausführungsform beschränkt, sondern kann zahlreichen, Fachleuten bekannten Änderungen und Abwandlungen unterzogen werden, ohne vom Gegenstand und Geltungsbereich der Erfindung abzuweichen. Obwohl die Erfindung unter Bezug auf ein Bild mit 2 Bits pro Pixel beschrieben wurde, ist das erfindungsgemäße Verfahren selbstverständlich verwendbar, um Bilder vorzuverarbeiten, die mit einer Tiefe von N Bits komprimiert werden. Die Erfindung ist zudem mit anderen Komprimierungsalgorithmen als dem in der bevorzugten Ausführungsform beschriebenen JBIG-Algorithmus verwendbar.

Bezugszeichenliste

- 10 Vorlagenabbildungssystem
- 12 Abtaster
- 14 Vorlage
- 16 adaptiver quantisierender Prozessor
- 18 Personal Computer (PC)
- 20 Kathodenstrahlbildschirm
- 22 Tastatur
- 24 Netz
- 26 Netzserver
- 28 Anzeigebildschirm
- 30 Drucker
- 32 Archivspeicher
- 40 MSB-Bitebene

42 LSB-Bitebene
 38 Bitebenenunterteilung
 44 Exklusiv-ODER-Operation (XOR)
 46 Aus XOR(MSB, LSM) resultierende Bitebene
 5 JBIG-Komprimierung
 50 JBIG-Dekomprimierung

Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes, wobei $N > 1$ ist, bestehend aus folgenden Schritten:
 - a) Unterteilen des N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes in N 1-Bitebenen;
 - b) Ermitteln der Bitebene mit den höchstwertigen Bits (MSB);
 - c) Erzeugen einer ersten resultierenden Bitebene durch:
 - 15 i) Auswählen einer ersten Bitebene aus niederwertigen Bits (LSB);
 - ii) Verknüpfen der ersten LSB-Bitebene mit der MSB-Bitebene;
 - d) Komprimieren der MSB-Bitebene; und
 - e) Komprimieren der ersten resultierenden Bitebene.
- 20 2. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste LSB-Bitebene mittels einer Exklusiv-ODER-Operation mit der MSB-Bitebene verknüpft wird.
3. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die MSB-Bitebene und die erste resultierende Bitebene mittels JBIG-Komprimierung komprimiert werden.
- 25 4. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 1, durch folgende zusätzliche Schritte gekennzeichnet:
 - f) Erzeugen einer zweiten resultierenden Bitebene durch:
 - i) Auswählen einer zweiten Bitebene aus niederwertigen Bits (LSB);
 - ii) Verknüpfen der zweiten LSB-Bitebene mit der ersten LSB-Bitebene; und
 - 30 g) Komprimieren der zweiten resultierenden Bitebene.
5. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 1, bestehend aus folgenden zusätzlichen Dekomprimierungsschritten:
 - f) Dekomprimieren der MSB-Bitebene;
 - g) Dekomprimieren der ersten resultierenden Bitebene;
 - 35 h) Extrahieren der ersten LSB-Bitebene aus der ersten resultierenden Bitebene; und
 - i) Verknüpfen der ersten LSB-Bitebene mit der MSB-Bitebene.
6. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Extrahieren der ersten LSB-Bitebene aus der ersten resultierenden Bitebene eine Exklusiv-ODER-Operation auf Basis der MSB-Bitebene und der ersten resultierenden Bitebene ist.
- 40 7. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die MSB-Bitebene und die erste resultierende Bitebene mittels JBIG-Komprimierung dekomprimiert werden.
8. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 4, bestehend aus folgenden zusätzlichen Schritten:
 - 45 h) Dekomprimieren der MSB-Bitebene;
 - i) Dekomprimieren der ersten resultierenden Bitebene;
 - j) Dekomprimieren der zweiten resultierenden Bitebene;
 - k) Extrahieren der ersten Bitebene aus niederwertigen Bits (LSB) aus der ersten resultierenden Bitebene;
 - l) Extrahieren der zweiten Bitebene aus niederwertigen Bits (LSB) aus der zweiten resultierenden Bitebene; und
 - 50 m) Verknüpfen der ersten LSB-Bitebene und der zweiten LSB-Bitebene mit der MSB-Bitebene.
9. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 1, bestehend aus folgendem zusätzlichen Schritt:
 - f) Anzeigen der MSB-Bitebene an einem Bildschirm.
- 55 10. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes nach Anspruch 1, bestehend aus folgendem zusätzlichen Schritt:
 - f) Ausdrucken der MSB-Bitebene auf einem Drucker.
11. Verfahren zum Komprimieren eines N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes, wobei $N > 1$, bestehend aus folgenden Schritten:
 - 60 a) Unterteilen des N Bits pro Pixel aufweisenden Bildes in N 1-Bitebenen;
 - b) Ermitteln der Bitebene mit den höchstwertigen Bits (MSB);
 - c) Auswählen einer ersten Bitebene aus niederwertigen Bits (LSB);
 - d) Verknüpfen der LSB-Bitebene mit der MSB-Bitebene zum Erzeugen einer resultierenden Bitebene;
 - e) Komprimieren der MSB-Bitebene; und
 - 65 f) Komprimieren der ersten resultierenden Bitebene.

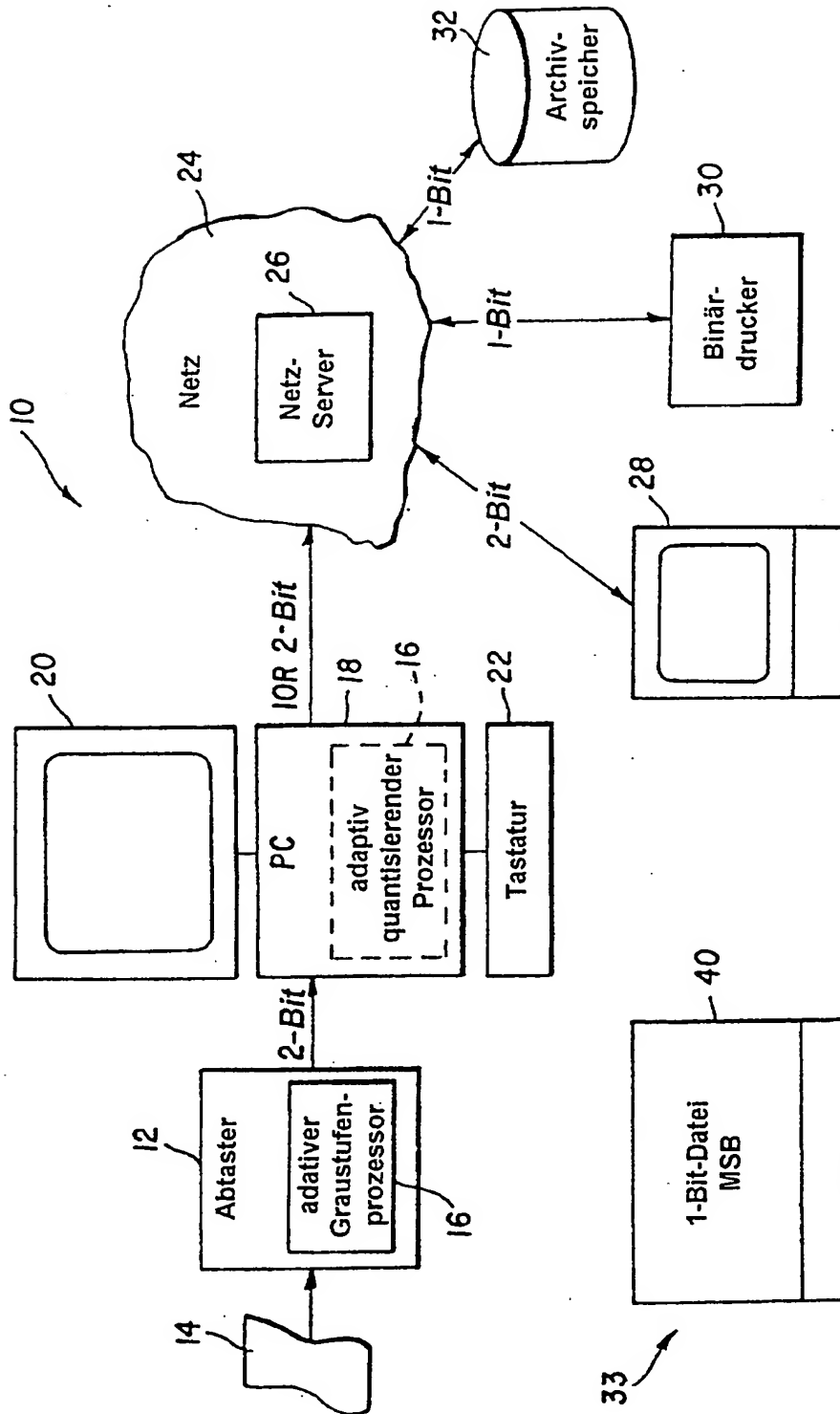


FIG. 1

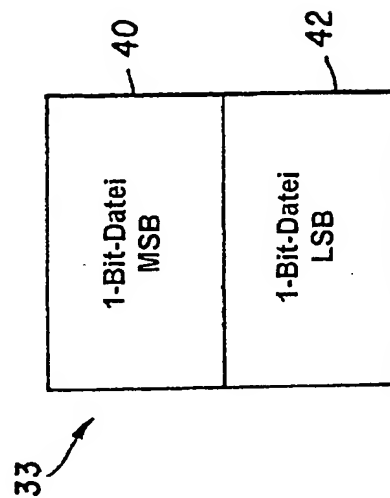


FIG. 2

